

**PIANO TRIENNALE DI REALIZZAZIONE 2022-24 - RICERCA DI SISTEMA
ELETTRICO NAZIONALE**
Progetti di ricerca di cui all'art. 10 comma 2, lettera a) del decreto 26 gennaio 2000

AFFIDATARIO ENEA

Tema 2.3 - Evoluzione, pianificazione, gestione ed esercizio delle reti elettriche

Durata: 36 Mesi

Semestre n. 2 – Periodo attività: 01/07/2022 – 31/12/2022

ABSTRACT ATTIVITA' SEMESTRALE:

Il presente documento descrive le attività di ricerca del progetto “Evoluzione, pianificazione, gestione ed esercizio delle reti elettriche” svolte durante il secondo semestre di progetto.

In particolare, le attività di ricerca hanno riguardato le seguenti Linee di Attività:

- ENEA (affidatario del progetto): LA1.1, LA1.14, LA1.17.

ATTIVITA' SVOLTE

<i>AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO</i>	<i>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO</i>
ENEA	<p>La <u>LA1.1 “Analisi di anomalie e guasti che inficiano la sicurezza e l’operatività del sistema elettrico</u> ha come obiettivo l’analisi della letteratura di settore finalizzata all’acquisizione di dati utili alla caratterizzazione dei comportamenti anomali dei diversi apparati di rete. Più nello specifico, i dati analizzati dovranno fornire elementi utili ad indagare le tempistiche e le dinamiche caratteristiche in corrispondenza di specifiche anomalie e di guasti. Gli output dell’analisi condotta costituiscono un input sia per la LA1.3 che per la LA1.16. In tale obiettivo, nel presente semestre si è proceduto alla individuazione dei parametri necessari alla caratterizzazione dei guasti e/o ad individuare dataset rappresentativi delle principali anomalie e guasti individuati nel semestre precedente, con riferimento alle categorie di componenti:</p> <ul style="list-style-type: none">• generatori fotovoltaici• generatori eolici• elettrolizzatori• Fuel Cell <p>I risultati ottenuti per ciascuna categoria sono di seguito sintetizzati:</p>

- **Analisi di anomalie e guasti per generatori fotovoltaici**

Sono stati individuati i parametri necessari alla caratterizzazione dei guasti.

- **Analisi di anomalie e guasti per generatori eolici**

Sono stati individuati numerosi lavori sui sistemi di diagnostica dei generatori eolici ma pochi dati su tassi di guasto e anomalie nei diversi componenti.

- **Analisi di anomalie e guasti degli elettrolizzatori**

Lo studio condotto ha evidenziato la difficoltà di reperire dati empirici sui guasti degli elettrolizzatori. Per ovviare a tale difficoltà, a valle della ricognizione propedeutica alla classificazione di anomalie e guasti, è stata condotta una ulteriore ricognizione finalizzata alla ricerca di modelli matematici per la costruzione di dataset sintetici.

- **Analisi di anomalie e guasti delle Fuel Cell**

Come per gli elettrolizzatori, anche per le Fuel Cell, non è stato possibile reperire dati sperimentali sui guasti associati a tale categoria di dispositivi. Si è proceduto, quindi, alla individuazione dei seguenti metodi diagnostici: stocastico basato sulle reti neurali; analitico; tecniche per l'analisi e la caratterizzazione on-line delle anomalie.

La **LA1.14 “Predisposizione degli ambienti digitale e sperimentale propedeutici alle attività di sviluppo e testing”** ha come obiettivo la predisposizione degli ambienti digitale e sperimentale propedeutici alle attività di sviluppo e testing. In relazione all'ambiente digitale, nella LA verrà definita la struttura del tool, ovvero l'architettura logica che sarà adottata per lo sviluppo nella LA1.15. Con riferimento alla predisposizione dell'ambiente sperimentale, l'attività prevede la definizione delle specifiche delle attrezzature necessarie a condurre le attività sperimentali previste nella LA1.16 e all'acquisto delle relative attrezzature e materiali.

In particolare, nel presente semestre sono state condotte le seguenti attività:

- **Configurazione del sistema Hardware In the Loop Typhoon HIL.**
- **Creazione della rete di collegamento:** configurato il sistema per l'Hardware-In-the-Loop, si è reso necessario eseguire il collegamento fisico dello stesso con i dispositivi dedicati alla simulazione delle unità di rete attraverso collegamenti sia di tipo analogico (per garantire una adeguata velocità di settaggio dei set-point dei dispositivi) che attraverso protocollo TCP-IP (dedicati alla configurazione dei parametri operativi delle unità). In aggiunta, per assicurare una accurata misurazione di tensione, corrente e potenza in ingresso e/o in uscita dalle unità di simulazione, sono stati utilizzati dei dispositivi di energy meter della Yokogawa di tipo monofase WT310EH e trifase WT333E, collegati attraverso connessioni TCP-IP al computer di simulazione.
- **Configurazione delle interfacce di comunicazione:** Sono state sviluppate apposite interfacce SCADA in ambiente Typhoon HIL capaci di importare i parametri di input e le grandezze di output da monitorare. Le interfacce SCADA, specifiche per ogni unità di

emulazione, sono state realizzate nell'ambiente di sviluppo model-based disponibile all'interno del software di modellazione di Typhoon HIL. Lo sviluppo dell'algoritmo di interfaccia è risultato particolarmente oneroso, a causa della eterogeneità dei protocolli di comunicazione dei dispositivi: in particolare, si è reso necessario utilizzare protocolli di comunicazione ModBus e SCPI, oltre che i protocolli proprietari della Typhoon HIL per i segnali analogici, creando apposite classi di comunicazione con le unità hardware.

La **LA1.17**“Attività di diffusione del I SAL” ha come obiettivo la divulgazione dei risultati del progetto, con una finalità prospettica orientata alla loro concreta fruizione da parte degli utilizzatori potenzialmente interessati. Le azioni di disseminazione, saranno in particolare, concepite e realizzate con l'obiettivo di massimizzare l'impatto del progetto.

L'attività condotta nel presente semestre è stata focalizzata sulla redazione e pubblicazione di due articoli scientifici dal co beneficiario “Università degli Studi di Palermo - Dipartimento di Ingegneria” (UNIPA – DI). Gli articoli sono stati elaborati a valle di confronto e condivisione con ENEA dei contenuti e di revisione interna prima della sottomissione a rivista.

Di seguito vengono riportati i riferimenti ai due lavori:

- Salvatore Favuzza, Massimo Mitolo, Salar Moradi, Rossano Musca and Gaetano Zizzo, "A General Methodology for Short-circuit Calculations in Hybrid AC/DC Microgrids," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 59, no. 3, pp. 2742-2749, May-June 2023, [doi: 10.1109/TIA.2023.3234232](https://doi.org/10.1109/TIA.2023.3234232) **(5 Gennaio 2023)**
- Aiman Abbas Mahar, Nayyar Hussain Mirjat, Bhawani S. Chowdhry, Laveet Kumar, Quynh T. Tran and Gaetano Zizzo “Condition Assessment and Analysis of Bearing of Doubly Fed Wind Turbines Using Machine Learning Technique”, Energies 2023, 16, 2367. <https://doi.org/10.3390/en16052367> **(1 Marzo 2023)**

Inoltre, al fine di coinvolgere stakeholder e organizzazioni potenzialmente interessate al trasferimento delle conoscenze e dei prodotti generati dal presente progetto di ricerca è stato attuato un piano di selezione degli eventi e delle tavole rotonde settoriali in ambito nazionale e/o internazionale, ai quali prender parte, al fine di diffondere i risultati e gli obiettivi progettuali con modalità formali o informali.